

ディスレクシアの指標としてのターヌス・テスト

著者	吉村 浩一, 阿子島 茂美, 佐藤 壮平, 関口 洋美, 野川 中
出版者	法政大学文学部
雑誌名	法政大学文学部紀要
巻	80
ページ	81-95
発行年	2020-03-13
URL	http://doi.org/10.15002/00023066

ディスレクシアの指標としてのターヌス・テスト

吉村 浩一・阿子島茂美
佐藤 壮平・関口 洋美
野川 中

要 旨

本研究では、ディスレクシアの人たちがノンディスレクシアの人たち（統制群）と視覚刺激の時間的処理能力に違いがあるかどうかをターヌス課題を用いて調べた。12歳から58歳までの5名の男女であった。参加者は7点尺度の反応カテゴリー（0：明らかな要素運動，1：要素運動，2：弱い要素運動，3：どちらともいえない，4：弱いグループ運動，5：グループ運動，6：明らかなグループ運動）により，ターヌス課題を遂行した。見かけ上の動きが0ミリ秒から80ミリ秒まで8ミリ秒刻みで11段階の刺激間隔（ISI）で測定された。

結果は，ディスレクシア群と統制群間にグループ運動反応の一貫した違いを示さず，また Davis et al. (2001) が提案した集中力崩壊説も支持しなかった。しかしながら，ディスレクシア群の参加者は，統制群に比べ，一貫して極端な反応（0と6）を示す割合が高かった。

問題と目的

ディスレクシア（dyslexia）とは読字障害のことで，榑原（2010）によれば，「知的障害はないが，文字や文章の読みの速度が遅く，単語の意味理解の困難や文章把握の困難を呈する状態」であり，学習障害の一種とされている。ディスレクシアは，基本的には言語処理機能の障害であるが，一部のディスレクシアは言語処理以前に視覚情報を受容する段階での障害が疑われている（Livingstone, Drislane, Rosen, & Galaburda, 1991; Lovegrove, 1996; Stein & Walsh, 1997）。

ディスレクシアを視覚刺激受容段階での障害と関連づける研究では，視神経を構成する大細胞系と小細胞系のうち，大細胞系の障害による症状と見なしている。大細胞系は神経伝達速度が速く，したがってそれが障害されると，視覚刺激に対する素早い処理が難しくなる。たとえば，2つの光

刺激のあいだに時間的間隔が挟まれても，その間隔が極めて短い場合には，1つの長い光刺激が提示されているように知覚されうる。この考え方を検証するために，これまで何種類かの視覚運動錯視現象が利用されてきたが，中でも1980年代後半以降は，Ternus (1938) が発見した運動錯視現象である「ターヌス・テスト」が多用されている（Patterson, Cayko, & Flannagan, 1988; Winters, Patterson, & Shontz, 1989; Slaghuis, Twell, & Kingston, 1996; Cestnick & Coltheart, 1999; Davis, Castles, McAnally, & Gray, 2001; Jones, Branigan, & Kelly, 2008 など）。発達性ディスレクシアの認知神経科学的理解についてレビューした豊巻（2011）でも，大細胞系視覚に関する研究ではターヌス・テストが適切な課題としている。

図1に，ターヌス・テストで生じうる2種類の運動印象を図示した。第1画面として，画面の左寄りに3つの正方形が提示される。次に一瞬，そ

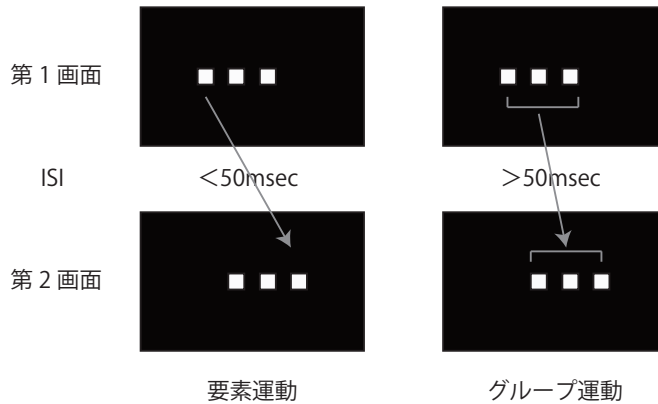


図1 ターヌス・テストにおいて生じる2種類の運動印象

の刺激が消える（真っ黒な一様画面となる）。この消えている時間を刺激間間隔（inter-stimulus interval），略してISIと呼ぶ。そののち，第2画面として正方形1つ分だけ右寄りに，同じく3つの正方形が提示される。したがって，第1と第2の刺激画面では，中央付近の2つの正方形は完全に同じ位置に提示されることになる。第1画面→ISI→第2画面の提示の流れにおいて，Cestnick and Coltheart（1999）は次のような見解を示している。通常，ISIが50 msec（ミリ秒）程度より短いときは，図1左図のように，同じ位置に提示される2つの正方形は静止したまま動かず，左端の正方形のみが単独で右端の正方形位置に動くように知覚される（以下，「要素運動」と呼ぶ）。それに対し，ISIが50 msec程度より長くなると，右図のように，3つの正方形が全体としてまとまって正方形1組分，右側に動くように知覚される（以下，「グループ運動」と呼ぶ）。

Ternus（1938）自身は，正方形ではなく光点を用いてこの現象を観察したが，ディスレクシアの人たちに対する研究では，図1のように等間隔に配置された正方形図形を用いるのが一般的である。ディスレクシアの人たちの中に視覚的時間処理能力が劣っている人がいるなら，その人たちは，「要素運動」から「グループ運動」へと変化するISIの閾値が50 msecより長くなると予想できる。（ISIが挟まれるため）2つの画面で同じ位置に提示される正方形は一瞬消えるのだが，一瞬

消えるISIの視覚的時間処理が弱く，比較的長いISIであっても断続が明確に知覚されにくく，要素運動と知覚されやすくなる（たとえば，Breitmeyer & Ritter, 1986）。

この考え方を受けて，ターヌス・テストを用いたこれまでの研究では，Slaghuis et al.（1996）やCestnick and Coltheart（1999）のように，ディスレクシアの人たちとそうでない人たち（ノンディスレクシア）とで「要素運動」から「グループ運動」へと変化するISIの閾値に違いがあるとする研究がある。しかしその一方で，Jones et al.（2008）のように両者に違いはないとする研究もある。こうした知見の不一致について，Davis et al.（2001）は，まったく別の見解を示した。何百試行にも及ぶ長時間の課題遂行中，ディスレクシアの人たちは集中力を持続させ続けることが難しく，たとえISIが0 msecであっても「グループ運動」を報告することが一定割合混入すると指摘し，このような不注意な反応の混入がディスレクシアの人たちの反応特徴だとして，「集中力崩壊説」を提案した。

「集中力崩壊説」を提案するDavis et al.（2001）は，Cestnick and Coltheart（1999）のデータを再分析し，次のような模式図を提案した。まず，ノンディスレクシアの人たち（good readers）の実測データは，ISIが長くなるにつれてグループ運動と知覚される割合が高まっていき，その割合が50%となる閾値はおおよそISIが50 msecの地

点である。ただし、ISI が 0 msec の条件でもグループ運動と知覚される割合は 0%ではなく、数%あり、逆に ISI が最大の 100 msec の条件でもグループ運動との知覚が 100%に達せず、90%弱にとどまる。このノンディスレクシアの人たちのデータを基に、膨大な量の試行を遂行しているときの注意が 33%崩壊したと仮定した計算値を同じグラフに描き込んだ。その架空の計算値グラフでは、グループ運動知覚が 50%になる閾値は 50 msec 付近でノンディスレクシアの人たちと変わらないが、ISI=0 msec 条件でグループ運動が 20%近く生じることになり、ノンディスレクシアの人たちよりかなり高い。逆に、ISI=100 msec でのグループ運動反応の割合は 70%程度にとどまりノンディスレクシアの人たちの実測値データよりかなり低い。興味深いことに、このグラフにディスレクシアの人たち (poor readers) の実測値データを重ねると、ノンディスレクシアの人たちの実測値データから注意が 33%崩壊したと仮定した架空のデータとみごとに合致するのである。以上の模式図を根拠に、「集中力崩壊説」は次のように主張する。100 msec 付近の長い ISI においてディスレクシアの人たちがそうでない人たちより「グループ運動」を報告する割合が下がることは大細胞系の障害として説明可能かもしれないが、50 msec より左側の短い ISI でディスレクシアの人たちのデータにかなりの割合で「グループ運動」反応が混入することは「大細胞系障害説」では説明できない。「集中力崩壊説」(Davis et al., 2001) こそが、この問題点に対する解答となるのである。長時間に及ぶ数百回の試行中、ディスレクシアの人たちは注意を維持した状態で観察・報告を続けることがノンディスレクシアの人たちより弱く、そのため「要素運動」との回答が得られるべき試行 (ISI=0 msec) においても、不注意のためかなりの割合で「グループ運動」報告が混入するというのである。

発達性ディスレクシアの定義に際し、国際的には「言語の音韻的要素の障害」が強調され視覚面の障害には言及されていない (特異性発達障害の

臨床診断と治療方針に関する研究チーム編, 2010; International Dyslexia Association, 2003) が、わが国の発達性ディスレクシア研究会 (2016) の定義では「音韻能力や視覚認知力などの障害」と、視覚面の障害が含まれることを明示している。これまで、日本語を母語とするディスレクシアの人たちにターヌス・テストを用いた研究は行われてこなかった。もし、音韻構造や大細胞系の障害が関与しない「集中力崩壊説」が正しいなら、日本人のディスレクシアの人たちからも、上に示した Davis et al. (2001) のグラフと同様の反応パターンが得られるはずである。それに対し、もし「大細胞系障害説」が正しいなら、対照群に比べて「要素運動」から「グループ運動」へ変化する ISI 閾値の上昇だけが観測されるはずである。

ところで、Davis et al. (2001) のグラフは、複数の参加者の平均値データを用いて作成されていた。しかし、本研究に参加するディスレクシアの人たちは、性別はもちろん、年齢的にも症状面でもバラエティに富んでおり、とても等質な (homogeneous) 群とは見なしがたい。すなわち、平均することが適切と限らない。そこで本研究では、5 人の平均値による検討に加え、個人データも分析対象とする。個人データの定量的検討を容易にするため、本研究では参加者からの回答を、「要素運動」か「グループ運動」かの二者択一ではなく、「明らかに要素運動に見える」(0 点) と「明らかにグループ運動に見える」(6 点) を両極とし、中央に「どちらとも判断できない」(3 点) を置く双極 7 点尺度を用いて、見え方の程度まで回答してもらうこととする。この点数化により、見え方の個々人の特徴の量的評価を目指したい。

本研究の第 1 の目的は、ディスレクシアの人たちは長い ISI 領域ではノンディスレクシアの人たち (対照群) より「グループ運動」報告率が低く、逆に短い ISI 領域では「グループ運動」報告率が高くなるという、Davis et al. (2001) の「集中力崩壊説」に合致するデータが得られるかどうかを検討することである。

本研究の第 2 の目的は、ディスレクシア群の少

なくとも一部の人から、対照群であるノンディスレクシア群より、「要素運動」から「グループ運動」へと変化するISI 閾値の上昇が認められるかどうかを観測することである。ISI の持続時間が短く知覚されると、「グループ運動」より「要素運動」が見られやすくなるはずである。本研究に参加してくれるディスレクシア群の人たちは、視覚刺激の時間処理能力に関して異質 (heterogeneous) である可能性が高いため、参加者の一部からでも閾値上昇が認められれば、大細胞障害説は維持されることになる。

さらに、本研究の第3の目的は、CFF (臨界フリッカー周波数) を指標に用いて、視覚刺激の時間処理能力を評価できるかどうかを検討することである。人はだれでも毎秒50回程度以上でon/offするフリッカー光を、点滅光ではなく連続光と知覚する。ディスレクシアの人の中に、ノンディスレクシアの人より視覚的時間分解能が低い人があるなら、CFFに関しても低い臨界値を示すはずである。本研究の5人のディスレクシア群の一部からでもそのような知見が得られれば、ターヌス・テストよりも簡便に検出する手段が確保できることになる。

方 法

【参加者】 本研究には、ディスレクシアが疑われる12歳から58歳までの5名の男女に参加してもらった (ディスレクシア群)。海外での研究では、実際に文章を読むのにかかる時間を測定し、その成績が明らかに劣ることをもってディスレクシア群 (poor reader 群) とすることが多い。しかし、本人たちにとって苦手な作業を課しづらい思いを強いることは、研究倫理の観点から避けたい。幸い今回の参加者は、著者の1人 (阿子島) が観察を続けているディスレクシア患者5名である (各人の診断に関するデータは、個人情報保護する観点から、ここでの掲載は控える)。そして、このディスレクシア群の人たちと比較対照するため、5人のノンディスレクシアの人たち (ノン

ディスレクシア群) の参加も求めた。ディスレクシア群の5人は性別も年齢もさまざまなため、ノンディスレクシア群も大学生は2名にとどめ、30代男性1名と40歳代男女それぞれ1名を含めた。

【装置】 提示される刺激の制御を時空間的に高精度で行うため、ターヌス・テストの刺激呈示プログラムは、数値計算ソフトウェア MATLAB 上にインストールした Psychtoolbox を用いて作成した。コンピュータは自作のデスクトップ型のものを用いた。そのハードウェア・スペックは、以下の通りである。CPU に Intel Xeon E3-1241 v3、ビデオカードに Nvidia GeForce GTX1070 Ti を使い、メインメモリは12GB 搭載した。刺激を提示するモニターには、リフレッシュレートを120 Hz に設定した ASUS 製 VG248 を用いた。これらにより、提示画像は8 msec 単位でコントロールできる。コンピュータおよびプログラム作成は、著者の1人 (佐藤) が担当した。

CFF 値の測定には、めがね方式の液晶シャッター on/off 装置である MJ ラボラトリジャパン製の MJ-01S Impulse を用いた。この装置は、本来はめがねとして顔に着用して点滅感を体験するものであるが、そのような使い方では、広い視野内のどこに注意を向けて点滅感を判断するかによって値がかなり異なるため、次のような使い方を中心視野付近の点滅感を判断してもらった。観察者自身がこの装置を太陽光が直接当たらない室外に向けてかざし、この装置の片眼めがねフレーム内全体 (直径約5 cm×3 cm の楕円状) を対象に、点滅感を抱くか否かを報告してもらった。液晶面までの視距離は、腕をいっぱい伸ばした状態を保持させたため約40 cm であった。液晶シャッターの点滅比 (デューティー比) は50%とした。めがね越しに風景が見えているときと液晶シャッターにより暗い様視野に見えるときの輝度は、それぞれ約200 cd/m² と8 cd/m² であった。

【手続き】 全参加者に対し、まずCFF測定を行った。上記のように、MJ-01S Impulse のめがね面を室外に向けた状態 (視距離約40 cm) で、液晶面が明らかに on/off しているとわかる30 Hz

程度から徐々に周波数を上げていき、もはや on/off しているように見えなくなる点（液晶面越しの風景に点滅を感じなくなる点）を答えてもらう上昇系列と、逆に液晶面越しに風景が明らかに点滅感なく見える 60 Hz 付近から徐々に周波数を下げて点滅感を抱き始める点を答えてもらう下降系列を課した。試行数は、上昇・下降系列を 3 試行ずつ、疑似ランダム順での 6 試行であった。

次に、ターヌス・テストへと進んだ。参加者は、モニターに正対して視距離 115 cm となる位置に着席した。実験者はあらかじめ参加者に、2 種類の運動の見え方（「要素運動」と「グループ運動」）について説明し、「明らかに要素運動に見える」（0 点）から「明らかにグループ運動に見える」（6 点）まで、中央に「どちらとも判断できない」（3 点）を挟んだ 7 段階のいずれであるかを、判断できた時点で速やかに答えるよう教示した。画面背景は図 1 に示したようにすべて黒色（1 cd/m²）で、刺激図形となる正方形の色を背景色の黒とコントラストの弱い暗い灰色（4 cd/m²）にする条件と、コントラストの強い白色（74 cd/m²）にする条件の 2 種類を課した（全員、灰色正方形条件を先に行った）。提示される正方形の一边は視角 1.2 度、隣り合う正方形との間隔も同じく視角 1.2 度であった。ISI は 11 種類（0 msec, 8 msec, 16 msec, 24 msec, 32 msec, 40 msec, 48 msec, 56 msec, 64 msec, 72 msec, 80 msec）のいずれかで、灰色正方形条件と白色正方形条件とも、各 ISI を 1 度ずつ含む 11 試行を 1 ブロックとして 6 ブロック行った。すなわち各参加者に対し、先に行う「黒背景—灰色正方形」条件が 66 試行、後で行う「黒背景—白色正方形」条件が 66 試行の合計 132 試行を課した。各試行は、第 1 画面（1000 msec）→ ISI → 第 2 画面（1000 msec）の順で提示し、参加者からの口頭反応（0 から 6 の数値報告）があるまで往復提示を繰り返した。試行中は、参加者の許可を求めて音声録音し、気づいたことがあればいつでも発話して欲しい旨、教示した。全試行終了後、見え方についての内省報告を求め、実験を終えた。ターヌス・テ

ストの所要時間は約 20 分であった。

なお、本実験は「法政大学文学部心理学科・心理学専攻倫理審査会」の審査・承認を得て実施した（承認番号 15-0048）。

結果と考察

【1】 各群 5 名の平均値データの比較

個人データに対するターヌス・テストの検討に先立ち、両群 5 名全体の平均値の比較を行いたい。図 2 では、各人の「黒背景—灰色正方形」条件 6 試行と「黒背景—白色正方形」条件 6 試行のデータを込みにして、さら群内 5 名の平均「グループ運動」得点を算出し、図中にプロットした。縦軸の評定値は、0 点が完全な「要素運動」反応（5 名全員が 6 試行とも「明らかな要素運動」と報告）、満点の 6 点が完全な「グループ運動」反応（5 名全員が 6 試行とも「明らかなグループ運動」と報告）を意味する。したがって、高い得点は「グループ運動」の優勢さを示す。

5 名の平均値データは、Davis et al. (2001) による Cestnick and Coltheart (1999) データの再分析図と定性的には類似している。Davis et al. (2001) は、この図を根拠に、「ディスレクシア集中力崩壊説」を提案したわけなので、今回の結果も「集中力崩壊説」を支持するものと受け取られかねない。しかし、次の個人データの検討から明らかになるように、5 名のうち誰一人として、5 名の平均値データで示された「集中力崩壊説」に合致するパターンを示す人はいなかった。

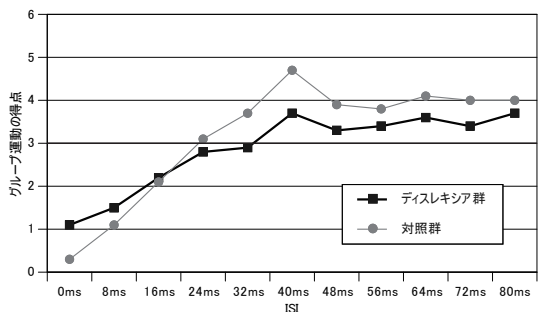
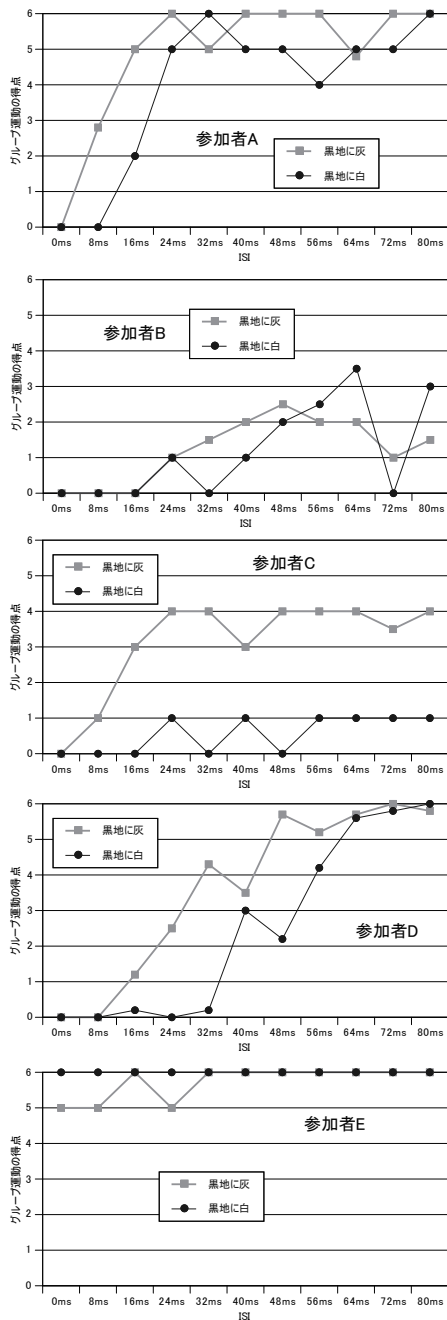


図 2 両群 5 名全体の ISI ごとのグループ得点の平均値

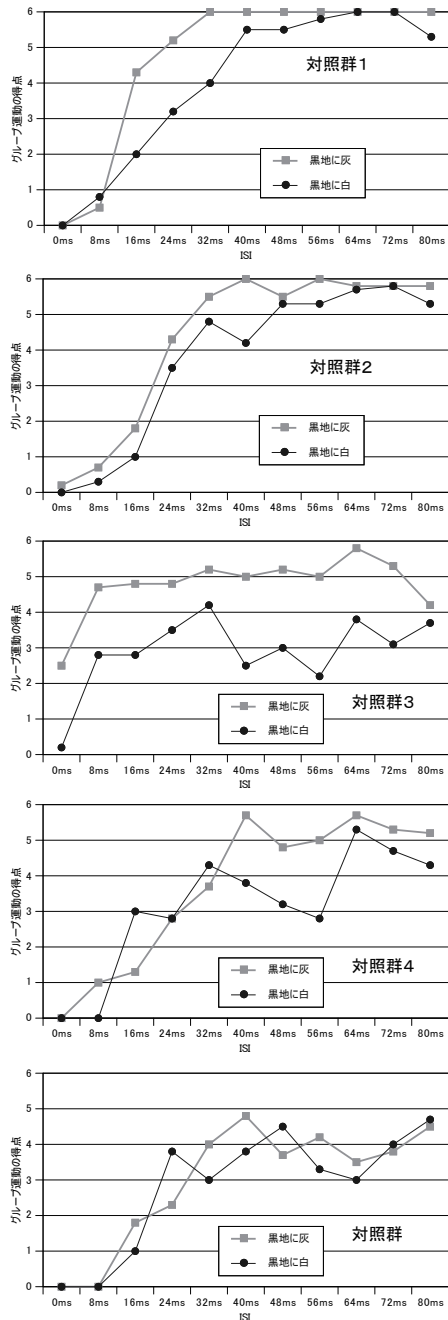
【2】 ディスレクシア群5名の個人データ

図3にディスレクシア群5名と対照群5名の個人別の反応パターンを示した。ディスレクシア群

5名の反応パターンには大きな個人差があり、ISI: 80 msec に至っても「グループ運動」得点が高まらず、全範囲にわたり低い「グループ運動」得点を示す者（参加者B）がいる一方で、ISI:



ディスレキシア群



対照群

図3 ディスレクシア群5名と対照群5名の個人別の反応パターン

0 msec ですでに満点（6 点）に近い「グループ運動」得点を示す者（参加者 E）もいた。

個人ごとの反応の様子をつかむため、表 1 にディスレクシア群各人の反応時の様子の（筆者による）要約と、実験終了後に参加者から得た内省報告（の筆者によるまとめ）を示した。そこに記載されている内容を手がかりに、各人の反応パターンを示していく。

参加者 A は、Davis et al. (2001) のノンディスレクシア群（good reader 群）に比較的近い反応パターンを示したが、「グループ運動」へと変わる閾値は 16 msec 以下で、Cestnick and Coltheart (1999) が主張する 50 msec より明らかに低い値を示した。加えて、全試行 132 試行を通して、中

間的反応がほとんどなく、「0」（明らかに要素運動）か「6」（明らかにグループ運動）のどちらかの極端な値で回答した。内省報告は、小学生（12 歳）ということもあり、得られなかった。実験当日は、母親が付き添ってきた。

参加者 B は、上述のとおり、ISI: 80 msec に至っても「グループ運動」が優勢にならなかった。参加者 A と同様、「0」か「6」の反応がほとんどを占めた。特徴的なこととして、内省報告にあるとおり、通常「グループ運動」が報告されるはずの ISI で「両端の正方形が反転するように見える」という、事前に想定していなかった報告が頻繁に生じた。その場合には「0」と報告したとのことであった。このように、参加者 B におい

表 1 ディスレクシア群各人のターヌス・テストの遂行結果

	反応パターンの（筆者による）要約	実験終了後の内省報告（を筆者がまとめたもの）
参加者 A	比較的、対照群の反応パターンに近いが、「グループ運動」得点の高まりが早く、16 msec ですでに「グループ運動」が優勢となっている。反応が 0 または 6 と極端。	
参加者 B	24 msec より長い ISI で「グループ運動」も現れるが、最後まで優勢にならなかった。反応には「3」も混入したが、全体的に「0」または「6」がほとんどを占めた。	両端の正方形が反転するように見えることが多くあり、その場合は「0」と回答した。概して 24 ms 以上でそう見えると報告した。
参加者 C	ISI が 80 msec に至るまで、「グループ運動」が優勢とならず、特に「黒背景に白色正形」条件では、80 msec に至るまで「グループ運動」反応がほとんど現れなかった。反応が「0」または「6」と極端。	「黒地に灰」の後半から、真ん中の 2 つの正方形がその場で向きを反転させるように見えることが多くあり、その場合は「0」と回答した。30 ms 以上でそのように見えた。それに対し、24 ms 以下では、「真ん中の 2 つは向きを変えない 0」と報告した。「黒地に白」では最初からほとんど 0 反応だが、24 ms までは「真ん中の 2 つが向きを変えない 0」なのに対し、30 ms 以上では「動く向きを変える 0」と回答。
参加者 D	比較的、対照群の反応パターンに近いが、「グループ運動」得点の高まりがやや遅く、ISI: 40 msec が「グループ運動」50% の分岐点となった。ときどき「1」や「5」が混入するが、ほとんどが「0」か「6」と回答。	
参加者 E	ISI: 0 msec において、すでに「グループ運動」が優勢で、それ以降、さらに強まった。「黒背景に白色正方形」条件では、全試行が「明確なグループ運動」（6）との反応であった。	目が疲れちらちら動くのが目に残り、それらすべてを「6」と回答した。「黒地に灰色正方形」条件の途中までは「0」との回答も混入したが、その条件の後半及び「黒地に白色正方形」条件ではすべて「6」と回答した。

では、「要素運動」とも「グループ運動」とも違う、「第3の見え方」が頻繁に生じた。このことが、ISI 全区間において「グループ反応」が報告されにくかった理由と考えられる。

参加者Cも、ISI: 80 msecに至っても「グループ運動」が優勢にならなかった。参加者Bとはまた違う内容の「第3の見え方」が頻繁に現れた。それは、「真ん中の2つの正方形がその場で向きを反転させる」というもので、そのように見えた場合は「0」と反応したとのことであった。実験後半の「黒背景に白色正方形」条件では、同じ「0」反応でも、真ん中の2つが向きを変えない0（純粋な要素運動）と、「真ん中の2つが向きを変える0」（第3の見え方）のどちらであるかを区別して報告してもらえた。その報告に基づき整理すると、ISI: 24 msec 以下は前者、ISI: 32 msec 以上は後者と、明確に分かれた。後者の見え方を「グループ反応」側に分類すれば、参加者Cは参加者Aと同様、Davis et al. (2001) のノンディスレクシア群 (good reader 群) に近い反応パターンと言える（ただし、閾値は 50 msec より明らかに低い）。

参加者Dは、Davis et al. (2001) のノンディスレクシア群 (good reader 群) に近い反応パターンを示したが、「要素運動」から「グループ運動」への移行は極端になだらかであった。閾値は、ISI: 40 msec 前後と見なせる。見え方については、第3の見え方は現れず、「0」から「6」までの反応カテゴリーに収まった。

参加者Eは、ものを見ることに疲労感が強く、実験の途中からはどの試行においても「チラチラ動くのが目に残る」と報告し、それらの試行では「動いて見える」という意味で、すべて「6」と反応した。結果として、後半の「黒背景に白色正方形」条件では、66 試行すべてで「6」と回答した。疲労のため、「要素運動」と「グループ運動」の区別ができなかったと推測できる。

個々人のデータを個別に見ると、5名のうち4名は、ISI: 0 msec においては完全に 0.0 点で、ISI: 0 msec においても「グループ運動」反応が

一定割合混入するとする「集中力崩壊説」を支持するデータとならなかった。残る参加者Eは、逆に ISI: 0 msec においても 6.0 点に近い値を示し、これも「集中力崩壊説」にそぐわない。本実験は、「集中力崩壊説」を支持しない結果となった。

[3] ノンディスレクシア群5名の個人データ

他方、対照群（ノンディスレクシア群）の5名には大きな個人差がなく、全員が Davis et al. (2001) のノンディスレクシア群 (good reader 群) に近い反応パターンを示すことを期待したが、結果は大きく違った。

対照群1と2は、期待通り、Davis et al. (2001) のノンディスレクシア群 (good reader 群) に近い反応パターンを示した。彼らの共通点は、40代の男女であること以外に、長時間にわたって繰り返し提示される刺激に反応し続ける本実験のような知覚実験への参加に慣れている人たちであった。そうした人たちは、連続して提示される試行の1つ1つに対し、ほぼ独立した試行として反応を遂行することができた（2人とも閾値は 50 msec より明らかに低い）。

それに対し、対照群3, 4, 5の3名は、本実験のような知覚実験への参加経験が乏しく、そのためと推測されるが、運動の見え方が先行する試行など他の試行からの影響を受けやすかった。具体的には、同一刺激に対する6試行で大きく異なる反応を行ったり、(理論的に) 一方の見え方になると期待される刺激に対し真逆の回答をするなどの反応が、不注意とは見なしがたい頻度で生じた。対照群3などは、ISI が 80 msec の試行 (6 回の回答が期待される) において、「明らかな要素運動」(0) と報告することがあった。その結果、「要素運動」から「グループ運動」への切り替わりが、かなり不明確な反応パターンとなった。これが「集中力崩壊」によるなら、「集中力崩壊」的反応が、ディスレクシア群の人たち以上に生じたことになるが、それは考えにくい。

このように、ノンディスレクシア群においても

不安定な反応が頻発したことは、ディスレクシアの人たちに対する「集中力崩壊説」に強い疑問を投げかける。どうやら知覚実験に不慣れな参加者は、見え方の微妙な違いを報告しなければならない試行が続くと、各試行を独立した試行として遂行できず、先行試行に引きずられたり（同化的効果）、あるいは先行試行と対照的（contrastive）な見え方が誘発される（対比的効果）など、不安定な反応が生じやすくなるようである。これらは「キャリーオーバー効果（持ち越し効果）」と呼ぶことができる。データを安定させるために行ったはずの試行の繰り返しは、逆にデータの安定化を妨げる効果をもたらした可能性が高い。試行の独立性の確保がいかに難しいかについては、筆者らもこれまですでに「反応の固執」と名づけて注意を喚起してきた（吉村・千田, 2007）。本研究のターヌス・テストにおいても、この問題はかなり深刻な影響を及ぼしたようである。

対照群の3名に今回のような不安定なデータが得られたことについては、別の理由も考えられる。11種類のISIのうち、「要素運動」と「グループ運動」の見え方の境目が50 msec付近であれば、反応分布は両カテゴリーに対し半々程度となる。実験実施前にはその程度の反応割合になると想定していた。ところが、実際の境目はそれより短く、具体的には16から32 msecあたりが境目であり、そうなると両カテゴリーの反応割合は「グループ運動」の側に大きく偏ることになる。参加者は反応を重ねるにつれ、「グループ運動」とばかり答え続けることに反応抵抗を感じるようになる。いわば、認知的バイアスの一種である「係留・調整効果」が生じた可能性が考えられる。Tversky and Kahneman (1974)によれば、人が判断を行う際に、まず、初めに与えられた情報を基準（係留点）とし、その後、判断の調整を行い最終結論を下すのだが、多くの場合は十分な調整が行われずに、最初の係留点に近い結論を下す効果があるという（鎌田, 2007より引用）。2種類の反応カテゴリーを示された参加者は、「回答割合はほぼ一対一であろう」との係留点を置

く。そのため、判断の境目を安定して持ち続けることができなかったのかもしれない。ただし、この説明では、長いISIにおいて「要素運動」との反応が生じやすくなることは説明できても、「0」との反応が明確に期待できるISI: 0 msec条件で「6」と反応した理由までは説明できない。「係留・調整効果」がもたらす混乱が、2種類の知覚内容の判断基準を曖昧にさせ、反応の不安定さを助長したと考えるべきかもしれない。

「キャリーオーバー効果」と「係留・調整効果」のいずれが強く作用したかはわからないが、そもそもDavis et al. (2001)のグラフにおいてすら、ノンディスレクシアの人たちがISI: 0 msecにおいて「グループ運動」得点は0%でなく5%程度生じており、また逆に、ISI: 80 msecで「グループ運動」得点は100%でなく90%程度にとどまっていた。本実験で生じた問題点を考慮すると、この点は看過できない。これら両点では、ノンディスレクシアの人たちなら、それぞれ「明らかな要素運動」と「明らかなグループ運動」を安定して報告するはずである。

【4】 係留・調整効果を示唆するデータ

今回行った実験データから「キャリーオーバー効果」を裏づける証拠は得られないが、「係留・調整効果」については、各人に行った6ブロックのデータパターンの推移を通して検討可能である。ブロックが進むにつれて混乱を示す反応が増加する傾向があったかどうか注目すればよいのである。この傾向が認められるなら、第1ブロックでは「係留・調整効果」はそれほど強く現れにくいのに対し、ブロックが進むにつれて「グループ運動」と反応することに抵抗を感じるようになったと評価できる。各人に対して行った132試行のうち、前半の「黒背景に灰色正方形」条件の最初の第1ブロック、中間の第4ブロック、それに最終の第6ブロックのデータパターンを表2に示した。

表2を見ると、参加した10名は、おおむね3つのタイプに分けられる。

表2 参加者ごとのブロックの進行に伴う反応パターンの推移

参加者	ブロック	ISI (msec)										
		0	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80
A	1	0	5	6	6	6	6	6	6	5	6	6
	4	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
B	1	0	0	0	0	6	0	0	0	6	6	3
	4	0	0	0	0	0	0	6	0	6	0	0
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
C	1	0	0	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	4	0	0	0	6	6	0	6	6	6	6	6
	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
D	1	0	0	0	6	6	6	6	6	5	6	6
	4	0	0	5	1	1	1	5	6	6	6	6
	6	0	0	0	0	1	1	5	1	5	6	5
E	1	0	0	6	0	6	6	6	6	6	6	6
	4	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
1	1	1	1	2	3	4	6	6	6	6	6	6
	4	1	1	2	2	5	6	6	6	6	6	6
	6	1	1	2	3	3	6	4	3	6	6	6
2	1	0	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	4	0	1	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	6	0	0	1	6	6	6	6	6	6	6	6
3	1	0	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
	4	0	0	0	0	2	0	1	0	5	1	0
	6	2	6	6	6	5	6	6	6	6	6	6
4	1	0	0	6	6	2	6	6	5	6	4	4
	4	0	0	0	2	1	6	6	2	4	6	5
	6	0	6	1	2	6	5	5	6	6	6	6
5	1	0	0	6	2	5	6	6	5	6	5	6
	4	0	0	1	5	2	2	2	4	4	5	5
	6	0	0	1	5	3	6	4	6	6	5	5

「0」は「明らかな要素運動」, 「6」は「明らかなグループ運動」との反応

- ・タイプ1: ブロックが進んでも同じパターンで変化しない (1, 2)
- ・タイプ2: 終盤に向かいパターンが変化する (A, B, C, D, E, 5)
- ・タイプ3: 途中で変化するが終盤は元に戻る (3)

10名の参加者のうち「対照群4」はいずれのタイプにも分類しにくく、タイプ2とタイプ3の中間型と考えられる。

重要な点は、上記の3つのタイプのいずれであっても、ほとんどの参加者が第1ブロックで、理論的に想定しうる理想型に近いパターンを示し

た点である。理想型とは、ISI=0 msec では「明確な要素運動 (0)」, ISI=80 msec に近づくと「明確なグループ運動 (6)」となる反応パターンである。本実験を行うまでは、両反応の境目の ISI (閾値) は 50 msec 付近と想定していたが (Cestnick & Coltheart, 1999), 表 2 に示したように、第 1 ブロックにおいてはすでに ISI=16 msec で「明確なグループ運動 (6)」と反応する人が多い。そうすると、「明確な要素運動 (0)」対「明確なグループ運動 (6)」の理論上の反応割合は 1:4.5 となり、著しくバランスが崩れる。タイプ 2 と 3 の人たちが、ブロック進行につれて反応パターンを崩していった理由の 1 つに係留・調整効果があることは、こうしたデータからも支持できる。

【5】「灰色正方形」条件と「白色正方形」条件の比較

個人間比較を行いやすくするため、両群とも全員「黒背景に灰色正方形」条件を先に実施した。そのため、両条件の比較には順序効果が交絡していることを、あらかじめ指摘しておかなければならない。全員の平均値を問題にするなら、半数は試行順序を逆にするカウンターバランスを施すことが望ましいが、そうすると個人間の比較が行いにくくなるため、あえて全員同じ順序で実施した。

参加者の多くは、コントラストの低い「黒背景に灰色正方形」条件の方が見やすいと報告したが、その違いはデータ上に次の形で現れた可能性がある。両群とも多くの参加者が、「黒背景に灰色正方形」条件の方が「黒背景に白色正方形」より「グループ運動」得点が高い傾向にあった (先に示した図 3 参照)。グラフ上では、灰色の折れ線グラフが黒色の折れ線グラフより上に位置する形で現れている。コントラストが弱く画面が見やすいことが、「グループ運動」と見えやすくしたのかもしれない。ただし、全員にとって「黒背景に白色正方形」条件が後半であったという順序効果のためかもしれない。

【6】 CFF の測定値の比較

CFF 値は、(輝度差・視標面積・視野内での視標位置などの) 測定条件によりかなり違った値をとる (福田, 1978)。そのため、比較したい両群に対し、同一条件で測定することが必須となる。本研究でも両群に対し、同じ装置を用い同じ条件で測定した。参加者ごとに、上昇系列 3 試行と下降系列 3 試行の合計 6 試行を課したが、いずれの参加者も両系列間に大きな違いがなかったため、表 3 では全 6 試行の平均値を示した。

対照群 5 名の CFF 値は、46 Hz から 51 Hz 付近であった。そこで、この装置による通常値を 46-51 Hz としてディスレクシア群の 5 名の CFF 値を評価すると、5 名のうち 3 名はほぼこの範囲に収まったが、参加者 A と C は、40 Hz 付近以下とかなり低い値を示した。ただし、ターヌス・テストの結果との対応関係は認められない。A は小学生でもあり、CFF 測定において微妙な on/off 感に気づきにくく、「点滅感なし」と報告しやすかった (低い閾値) のかもしれない。しかし、ターヌス・テストでは、A は対照群平均値より「グループ運動」との見え方が現れやすかった (閾値: 16 msec 以下)。C に関しては、ターヌス・テストにおいても「グループ運動」反応がなかなか現れず、確かに視覚刺激への時間処理が劣ることが疑われるが、ターヌス・テストにおいて C と似たパターンであった B の CFF 値は、ディスレクシア群 5 名の中で最も高く対照群にも劣らない値を示したことから、現段階では、ディスレクシアの人の視覚刺激に対する時間処理能力を CFF 値で評価できるとは言えない。

表 3 両群の各参加者の CFF 値

ディスレクシア群				
A	B	C	D	E
40.4	48.3	38.7	48.2	45.3
対照群 (ノンディスレクシア群)				
1	2	3	4	5
46.2	51.2	51.8	49.7	46.2

単位は点滅回数/秒

【7】 ディスレクシアの人たちの見え方や反応の特徴

ディスレクシアの人たちの一部に視覚刺激を受容する段階で困難があることは、冒頭で示したように、わが国でのディスレクシア定義文に明記されている。本実験は、ターヌス・テストにおいては「要素運動」と「グループ運動」のどちらかの見え方しか起こらないと想定して実施したが、繰り返し述べるように、ディスレクシア群の5名のうちの2名（参加者BとC）がその範囲に収まらない「第3の見え方」を報告した。しかし、そのような報告は、ノンディスレクシア群の1名（対照群5）からも得られた。この事実を踏まえると、「第3の見え方」はディスレクシアの人の特徴とまでは言えず、テストに用いた刺激布置の特性による可能性が高い。本実験で用いたターヌス・テスト刺激は、先行研究で広く用いられているものではあるが、はたしてこの刺激布置でよいのだろうか。上述したとおり、Ternus (1938) 自身は点光源を使っていた。刺激の形・大きさ・刺激間の間隔の広さなどを再検討し、「第3の見え方」の生じにくい刺激作りを検討すべきである。

本研究の実施にあたっては、ディスレクシアの人たちの見え方の多様性を考慮して7段階での回答を用意したが、ディスレクシア群の参加者は、「0」または「6」という極端な値（「明確な要素運動」または「明確なグループ運動」）で回答することがほとんどであった。それに対し、対照群ではその割合が明らかに低かった。すなわち、微妙な違いを感知した反応も多く含まれていた。表4に、全132試行中に極端な反応である「0」と「6」が占めた割合を、参加者ごとに%表示した。ディスレクシア群の5人はいずれも、その割合がノンディスレクシア群に比べて高く、参加者Eに至っては100%であった。

この事実は、何を意味するのだろうか。「要素運動」に見えるはずのISI: 0 msecにおいても「6」との反応を繰り返す参加者Eや、表3に示すように、「第3の動き」が見えているにもかかわらず

表4 各参加者の132試行中の極端な反応（「0」+「6」）の出現率

ディスレクシア群				
A	B	C	D	E
98.5%	93.2%	99.2%	82.6%	100.0%
対照群				
1	2	3	4	5
70.5%	44.7%	77.3%	64.4%	32.6%

ず、「明確な要素運動」(0)と回答し続けたBやCの存在を考えると、実際に「明確な要素運動」(0)や「明確なグループ運動」(6)しか見えなかったとは考えにくい。ディスレクシア群の参加者たちは、選択肢の多さや微妙な判断を嫌い、自ら二肢選択事態、言い換えればシンプルな課題状況へ持ち込もうとしたのではないだろうか。日常生活において、彼らは明確に知覚できない文字や文章を、想像力を働かせ勘で読んでいると言う。選択肢を1つか2つに絞らなければ、勘はうまく機能しない。こうした習性が、本実験事態でも支配的となったのではないだろうか。

【8】 要素運動からグループ運動へと変化する閾値

既に述べたように、Cestnick and Coltheart (1999) は、要素運動からグループ運動へと見え方が変わるISIの境目は、通常50 msecとした。また、Jones et al. (2008) は、それよりやや低い40 msecとした。しかし、本研究結果からは、境目の値はさらに低く、20 msec程度であると示唆された。それは、ノンディスレクシア群のうち、期待通りの反応パターンを示した2名（対照群1と2）のデータからの推定であるが、ディスレクシア群の中にも期待通りの反応パターンを示す参加者が1人おり、その参加者Aでは閾値はさらに低く、8~16 msec付近であった。

この値は、実施したターヌス・テストの刺激布置次第で変化すると予想される。その点を明らかにするためにも、今回用いた一辺の視角が1.2度の正方形とそれと同じ視角の図形間間隔をとった

布置条件だけではなく、Ternus (1938) が用いた小光点を含め、さまざまな布置を用いて検討するべきである。

おわりに

本研究結果は、ディスレクシアの人たちに対する「集中力崩壊説」に否定的見解を示した。また、「要素運動」から「グループ運動」に切り替わる閾値がディスレクシアの人たちでは高くなるとの見解も支持されず、ISI: 0 msec 近くでは完全に「要素運動」を、80 msec に近づいたところでは完全に「グループ運動」を報告したディスレクシア群の参加者 A や D では、むしろ Davis et al. (2001) のグラフのノンディスレクシア群よりも低い閾値を示す傾向にあった。ただし、本実験における対照群 1 と 2 に比べると、参加者 D の閾値は高かった。これらのことから、「ディスレクシアの人たちの閾値上昇」について結論的見解を示すのは拙速である。また、CFF に関しては、ディスレクシア群の 2 名が対照群の 5 名よりかなり低い値を示したことから、CFF をディスレクシアの人たちの視覚刺激に対する時間分解力の低下の指標として利用できる可能性はあるものの、これについてもターヌス・テストとのあいだで整合的データが得られていないため、現時点で結論づけることはできない。本実験の結果、断定的に示せる見解は、見え方の微妙な違いまで報告してもらうために 7 段階の反応カテゴリーを設けたにもかかわらず、ディスレクシア群の参加者たちは、両極端の 2 カテゴリーしか用いずに回答する傾向が顕著であった点である。

Boden and Giaschi (2007) は、ディスレクシアを大細胞系視知覚の障害と関連づける研究をめぐり 7 つの仮説を立てて検討したが、未だ定説につながる見解は得られていない。本研究は、その一部を取り上げ、実証的検討の俎上に載せた。今後は、わが国においてもさまざまな角度から 7 つの仮説の実証的検討を進めていくべきである。

引用文献

- Boden, C. and Giaschi, D. (2007). M-stream deficits and reading-related visual processes in developmental dyslexia. *Psychological Bulletin*, 133, 346-366.
- Breitmeyer, B. G. and Ritter, A. (1986). Visual persistence and the effect of eccentric viewing, element size and frame duration on bistable stroboscopic motion percepts. *Perception and Psychophysics*, 39, 275-280.
- Cestnick, L. and Coltheart, M. (1999). The relationship between language-processing and visual-processing deficits in developmental dyslexia. *Cognition*, 71, 231-255.
- Davis, C., Castles, A., McAnally, K., and Gray, J. (2001). Lapses of concentration and dyslexic performance on the Ternus task. *Cognition*, 81, B21-B31.
- 福田忠彦 (1978). CFF で示される中心視と周辺視の感度差 テレビジョン学会誌, 37, 210-216.
- 発達性ディスレクシア研究会 (2016). 発達性ディスレクシアの定義 URL: <http://square.umin.ac.jp/dyslexia/factsheet.html> (最終閲覧日 2018 年 8 月 21 日)
- International Dyslexia Association (2003). What is dyslexia? URL: <https://dyslexiaida.org/frequently-asked-questions-2/> (最終閲覧日 2018 年 8 月 21 日)
- Jones, M. W., Branigan, H. P., and Kelly, M. L. (2008). Visual deficits in developmental dyslexia: Relationships between non-linguistic visual tasks and their contribution to components of reading. *Dyslexia*, 14, 95-115.
- 鎌田晶子 (2007). 透明性の錯覚: 日本人における錯覚の生起と係留の効果 実験社会心理学研究, 46, 78-89.
- Livingstone, M., Drislane, F., Rosen, G., and Galaburda, A. (1991). Physiological evidence for a magnocellular deficit in developmental dyslexia. *Proceedings of the New York Academy of Science*, 88, 7943-7947.
- Lovegrove, W. J. (1996). Dyslexia and a transient/magnocellular pathway deficit: the current situation and future directions. *Australian Journal of Psychology*, 48, 167-171.
- Patterson, R., Cayko, R., and Flannagan, R. (1988). The perception of bistable stroboscopic motion in dyslexic adults. In Winters, R. L., Patterson, R., and Shontz, W. (Eds.), Visual persistence and

- adult dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, 22, 641-645.
- 榎原洋一 (2010). 読字障害 茂木俊彦 (編) 特別支援教育大辞典 旬報社 p. 674.
- Slaghuis, W., Twell, A., and Kingston, K. (1996). Visual and language processing deficits are concurrent in dyslexia and continue into adulthood. *Cortex* 32, 413-438.
- Ternus, J. (1938). The problem of phenomenal identity. In Ellis, D.W. (Ed.), *A sourcebook of Gestalt psychology*. London: Routledge and Kegan Paul.
- 特異性発達障害の臨床診断と治療方針に関する研究チーム (編) (2010). 特異的発達障害：診断・治療のための実践ガイドライン 診断と治療社
- 豊巻敦人 (2010). 発達性ディスレクシアの認知神経科学的理解——大細胞系視知覚と聴知覚について——心理学評論, 54, 45-53.
- Tversky, A. and Kahneman, D. (1974). Judgment under uncertainty: Heuristics and biases. *Science*, 185, 1124-1131.
- Winters, R., Patterson, R., and Shontz, W. (1989). Visual persistence and adult dyslexia. *Journal of Learning Disabilities*, 22, 641-645.
- 吉村浩一・千田明 (2007). 心理実験における反応の固執性：知覚的・認知的固執と知覚における“記述”の問題 法政大学文学部紀要, 55, 47-58.

Ternus Test As an Index of Developmental Dyslexia

Hirokazu YOSHIMURA, Shigemi AKOSHIMA
Sohei SATO, Hiromi SEKIGUCHI
and Ataru NOGAWA

Abstract

The current research examined the temporally processing ability to a visual stimulus in dyslexics and general persons (control group) using the Ternus task. The participants in the dyslexic group were five persons (from 12 to 58 years old). They performed the Ternus task with seven-point response categories (0; clear element motion, 1; element motion, 2; weak element motion, 3; neither element nor group motion, 4; weak group motion, 5; group motion, and 6; clear group motion). Apparent movement was measured at 11 interstimulus intervals ranging from 0 to 80 msec in 8-msec steps.

The results neither showed consistent difference in the group-motion threshold between the dyslexic and control group, nor supported the hypothesis *lapses of concentration* by Davis et al. (2001). Nevertheless, participants in dyslexic group consistently showed higher rate of extreme response (response categories 0 and 6) than the participants in control group.